

THESIS

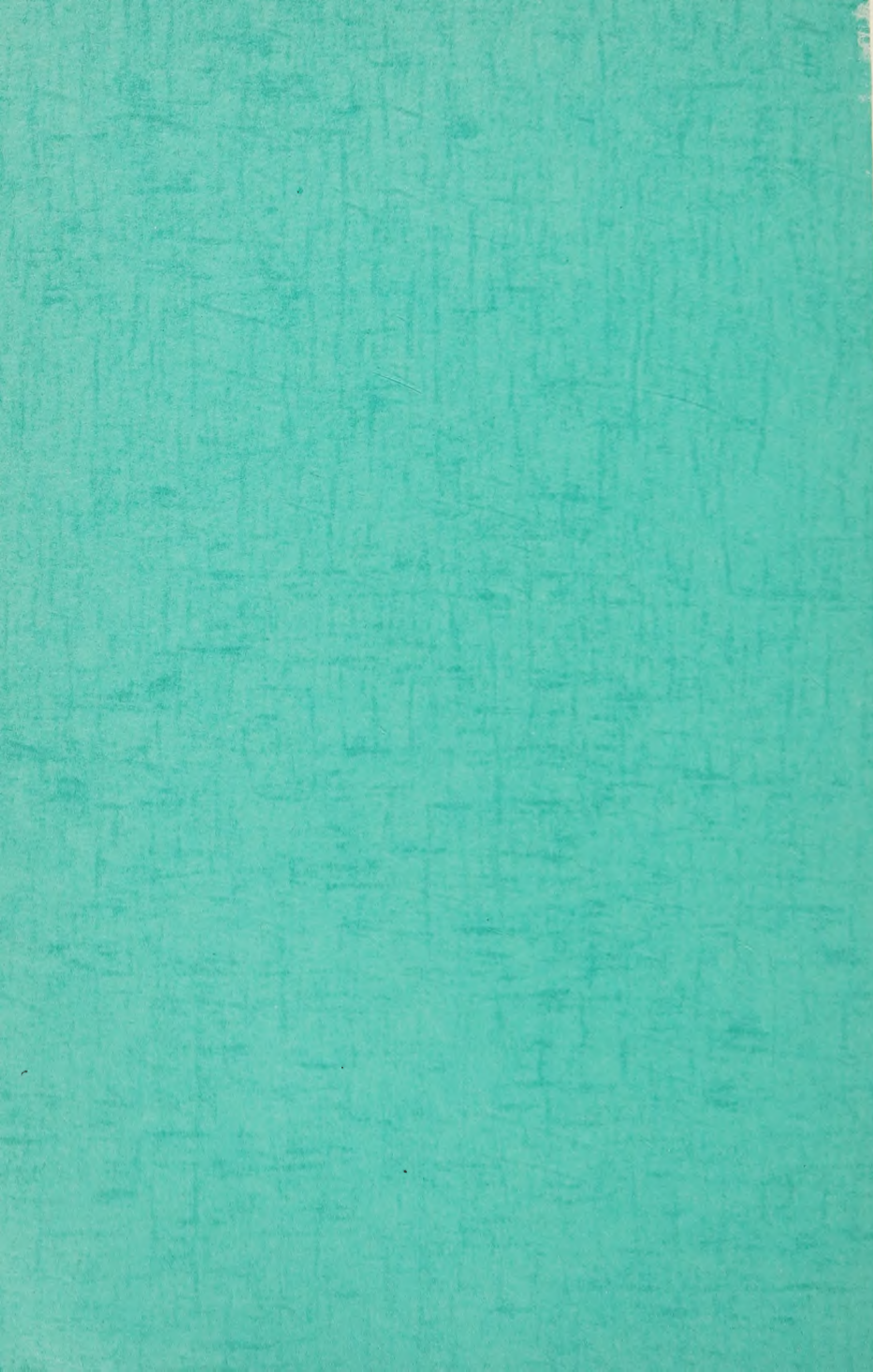
MUNICH

1967

DIE INSENSIBLE HAUTWASSERABGABE IN
ABHÄNGIGKEIT VON DER LOKALEN HAUTTEMPERATUR,
DER ALLGEMEINEN THERMOREGULATORISCHEN
SITUATION UND WEITEREN FAKTOREN

Helga Weiler

LANE MEDICAL LIBRARY OF
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR
PALO ALTO, CALIFORNIA





Digitized by the Internet Archive
in 2026

AUS DEM BALNEOLOGISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Vorstand: Prof. Dr. H. v. Braunbehrens

DIE INSENSIBLE HAUTWASSERABGABE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER
LOKALEN HAUTTEMPERATUR, DER ALLGEMEINEN THERMO-
REGULATORISCHEN SITUATION UND WEITEREN FAKTOREN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Helga Weiler
aus Braunshausen/Saar

München 1967

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. H. v. Braunbehrens

Dekan: Prof. Dr. M. Kiese

Tag der mündlichen Prüfung: 11. 7. 1967

MEINEN ELTERN
IN DANKBARKEIT GEWIDMET

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	<u>Seite</u>
A. Einleitung	5
B. Meßanordnung	6
I. Meßapparatur	6
II. Eichung der Meßapparatur	6
III. Versuchseinstellung	8
C. Versuchsplan und Methodik	9
D. Versuchsergebnisse	11 - 23
I. Auswertung der Versuchsergebnisse	11
II. Besprechung der Versuchsergebnisse	12
1.) Der Einfluß der Hauttemperatur auf die insensible Hautwasserabgabe	12
2.) Kontrollversuch	14
3.) Der Einfluß der mittleren Hauttemperatur auf die insensible Hautwasserabgabe	15
4.) Längsschnittmessungen der Hautwasser- abgabe über einen Monat	18
5.) Unterschiede in der Hautwasserabgabe zwischen Männern und Frauen	20
6.) Der Einfluß des vegetativen Nerven- systems auf die insensible Hautwasser- abgabe	22
E. Diskussion der Ergebnisse	24
F. Zusammenfassung	27
G. Literaturverzeichnis	30
H. Lebenslauf	

A. Einleitung

Neben der Lunge und der Niere ist die Haut wesentlich am Wasserhaushalt des menschlichen Körpers beteiligt. Sie erfüllt diese Aufgabe auf zwei verschiedene Arten. Einmal durch die Perspiratio sensibilis, das Schwitzen, zum anderen durch die Perspiratio insensibilis, die Abgabe von Wasserdampf durch die nichtschwitzende Haut. Während der Vorgang des Schwitzens als aktive Leistung der Schweißdrüsen genau untersucht ist, sind der Mechanismus der insensiblen Hautwasserabgabe und die ihn auslösenden Faktoren noch in vielen Einzelheiten ungeklärt. Dies ist zum Teil durch die Schwierigkeit der Untersuchungen, zum anderen aber durch die Unzulänglichkeit der Meßmethoden bedingt.

Dirnagl und Drexel haben vor kurzem, wie in der Dissertation von W. Fricke (8) beschrieben, eine neue Meßanordnung entwickelt, mit deren Hilfe eine genaue und relativ einfache Bestimmung der Perspiratio insensibilis möglich wurde. Aufgabe dieser Arbeit sollte es sein, die Menge der insensiblen Hautwasserabgabe und ihre Abhängigkeit von der Hauttemperatur an einer Personengruppe zu untersuchen. Besonderes Gewicht legten wir auf den Einfluß physiologischer Faktoren wie Menstruationszyklus, Geschlecht, vegetativer Zustand, Blutdruck und Puls. Außerdem versuchten wir herauszufinden, ob sich das Außenklima auf die Hautwasserabgabe der an das Raumklima angepaßten Versuchspersonen auswirkt.

Diese Fragen schienen uns umsomehr einer Untersuchung wert, als sie bis jetzt in der Literatur noch kaum berücksichtigt wurden.

B. Meßanordnung

Die von Dirnagl und Drexel zusammengestellte Meßanordnung arbeitet durch Verwendung eines Infrarot-Absorptionsschreibers mit einer großen Empfindlichkeit und weist eine hohe Anzeigenkonstanz und -geschwindigkeit auf, wodurch die Registrierung kurzzeitiger Schwankungen der Hautwasserabgabe ermöglicht wird.

Wie W. Fricke (8) errechnete, können bei normaler Versuchsdurchführung Änderungen der Perspiratio insensibilis von weniger als 3 % erfaßt werden. Dabei dauert es knapp 11 Sekunden, bis die Änderung zu 100 % registriert ist. Die Anlage ist leicht zu bedienen und innerhalb von 6 Minuten zu eichen; die Versuchsanordnung ist gut zu überprüfen.

I. Meßapparatur (Abb. 1)

Zwei elektrisch geheizte Drahtwendeln (S_1 und S_2) senden Infrarotstrahlen, die durch ein umlaufendes Blendenrad periodisch und gleichzeitig unterbrochen werden, in zwei Meßküvetten (C_1 und C_2). Durch die beiden Küvetten strömen je nach Schlauchstellung verschiedene Luftströme (siehe Abb. 1). Die Luftströme absorbieren einen Teil der Infrarotstrahlen im Bereich der Absorptionsbanden des Wasserdampfes. Die Menge der absorbierten Strahlungsenergie richtet sich nach dem Wasserdampfgehalt der beiden Luftströme. Ein selektiver Empfänger (E), der die Strahlung nur in den Absorptionsbanden des Wasserdampfes absorbiert, registriert die Feuchtigkeitsdifferenz der beiden Luftströme. Die vom Empfänger in elektrische Spannungen umgewandelte Amplitude der Feuchtigkeitsdifferenz wird durch einen Vorverstärker (V_o) und einen Hauptverstärker (V_e) vergrößert (Uras 1) (7). Über einen Kompensationsverstärker (K_o) ist ein Linienschreiber (Li) an den Uras 1 angeschlossen.

II. Eichung der Meßapparatur (vgl. Abb. 1)

a) Nullpunkt (Stellung 1)

Aus einem Plastiksack (S_a) strömt die Luft unverändert durch beide Küvetten. Zwischen beiden Luftströmen besteht keine Feuchtigkeitsdifferenz, infolgedessen muß der Ausschlag null sein. Wenn erforderlich, wird der Nullpunkt durch Verstellen einer beweglichen Blende im Strahlengang justiert.

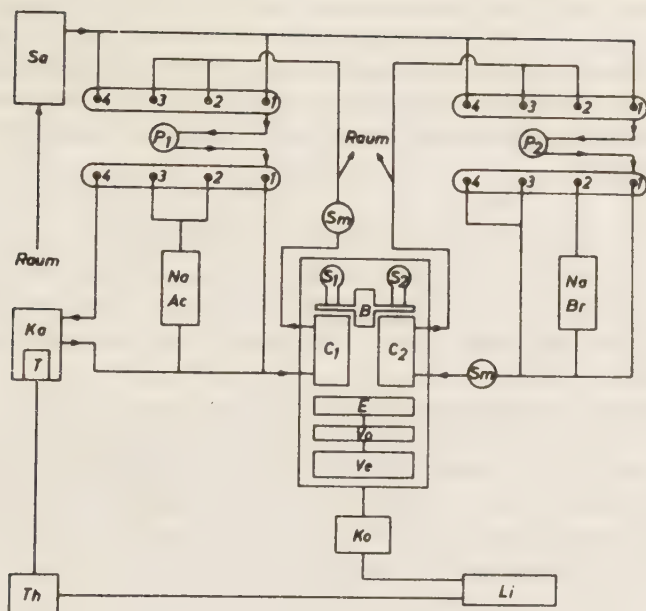


Abb. 1 Versuchsanordnung

$S_{1,2}$	Infrarotstrahler 1 und 2
$C_{1,2}$	Meßküvette 1 und 2
E	Empfänger
V_o	Vorverstärker
V_e	Hauptverstärker
Ko	Kompensationsverstärker
Li	Linienreiber
Sa	Plastiksack
$P_{1,2}$	Luftpumpen 1 und 2
Sm	Luftstrommesser
Ka	Meßkammer
T	Temperaturfühler
Th	Thermoelement mit Thermostat

b) Endpunkt (Stellung 2)

Je ein Erlenmeyerkolben mit gesättigter Na-Acetat- und Na-Bromidlösung

stehen in einem Wasserbehälter, dessen Wassertemperatur vor Versuchsbeginn mit einem Quecksilberthermometer abgelesen wird. Luftstrom 1 kreist durch den Erlenmeyerkolben mit Na-Acetat und Küvette 1, Luftstrom 2 durch den Erlenmeyerkolben mit Na-Bromid und Küvette 2. Die Differenz der Sättigungsdampfdrucke der beiden Lösungen ergibt die Wasserdampfdruckdifferenz zwischen beiden Küvetten. Der Linienschreiber wird so eingestellt, daß ein Skalenteil einem Torr Dampfdruckdifferenz entspricht.

c) Feuchtigkeitsgehalt der Versuchsluft (Stellung 3)

Zur Sicherung konstanter Luftverhältnisse wird eine für mehrere Versuche ausreichende Luftmenge aus dem Raum, dessen Temperatur und Luftfeuchtigkeit vorher gemessen werden, in einen Plastiksack (Sa) aus PVC-Folie gepumpt. Vor Versuchsbeginn wird der Wasserdampfgehalt der Sackluft noch einmal mit dem Uras 1 überprüft: Luftstrom 1 kreist durch den Erlenmeyerkolben mit Na-Acetat und Küvette 1. Der Dampfdruck in Küvette 1 ist also bekannt. Mit Hilfe der gemessenen Wasserdampfdruckdifferenz kann man den Wasserdampfgehalt der Sackluft bestimmen und unter Berücksichtigung der Sacklufttemperatur die relative Feuchte ermitteln.

III. Versuch (Stellung 4)

Auf einer Hautstelle ist eine Kammer (Ka) von 6 mm Höhe und 38 cm² Fläche luftdicht angelegt. Luftstrom 1 strömt vom Plastiksack durch die Kammer, in der der von der Haut abgegebene Wasserdampf aufgenommen wird, in Küvette 1. Luftstrom 2 strömt unverändert vom Plastiksack durch Küvette 2. Die Differenz des Wasserdampfdrucks entspricht bei vorgegebener Strömungsgeschwindigkeit unmittelbar der abgegebenen Hautwasserdampfmenge.

C. Versuchsplan und Methodik

Die Untersuchungen umfassen:

I. Messung der insensiblen Hautwasserabgabe nach lokaler Abkühlung und anschließender Erwärmung der Meßstelle bei indifferenter Raumtemperatur.

II. Messung der insensiblen Hautwasserabgabe bei Raumtemperaturen unterhalb des Indifferenzbereichs von 24°C .

a) in normaler Kleidung, also bei nur lokaler Auskühlung,

b) im Badeanzug, das heißt bei allgemeiner Auskühlung.

Die Messungen wurden unter besonderer Berücksichtigung der Änderungen der Hauttemperatur der Meßstelle und der mittleren Hauttemperatur durchgeführt.

III. Kontinuierliche Messung der insensiblen Hautwasserabgabe an zwei weiblichen Versuchspersonen über einen Menstruationszyklus.

IV. Messung der insensiblen Hautwasserabgabe bei Männern und Frauen, unter behaglichen Raumbedingungen sowie im Schlaf.

Alle Versuche wurden in einem Raum durchgeführt, dessen Temperatur und Feuchtigkeit durch eine Klimaanlage eingestellt werden konnte. Die Versuchspersonen, 4 gesunde Frauen und 4 gesunde Männer im Alter von 20 - 24 Jahren, hielten sich vor jedem Versuch mindestens 30 Minuten zur Anpassung an das Raumklima im Versuchsraum auf. Während der Messung ruhten sie in einem Liegestuhl. Als Meßstelle wählten wir die Mitte der Beugeseite der Unterarme. Diese Stelle ist besonders geeignet, weil sie wenig behaart und gut durchblutet ist, eine mittlere Schweißdrüsendichte besitzt, nicht zu emotionellem Schwitzen neigt und bequem zu erreichen ist. Da der rechte Arm bei Rechtshändern beziehungsweise der linke bei Linkshändern eine höhere Perspiratio insensibilis aufweisen soll, wurden immer nur Messungen auf der gleichen Seite miteinander verglichen.

ad. I. (Ergebnisse Abb. 2)

Die erste Versuchsreihe umfaßt 35 Versuche und einen Kontrollversuch. Im ersten Teil der Versuche wurde die Meßstelle mit einem trockenen Eisbeutel so tief wie möglich abgekühlt. Anschließend wurden die Temperatur der Meßstelle und die Perspiratio insensibilis so lange registriert, bis die Ausgangswerte vor dem Abkühlen wieder erreicht waren. Im zweiten Teil der Versuche wurde die Meßstelle durch eine über Arm und Meßkammer gewickelte, elektrisch geheizte Decke bis auf maximal 38°C erwärmt. Haut-

wasserabgabe und Hauttemperatur wurden laufend registriert. Um in dieser Versuchsreihe sicher zu gehen, daß nur die insensible und nicht die sensible Hautwasserabgabe erfaßt wurde, riefen wir als Gegenkontrolle absichtlich durch sehr schnelles Trinken einer Flasche Bier (0,75 l) in einem der Versuche einen Schweißausbruch hervor (Abb. 4, Seite 14)

ad II. (Ergebnisse Tab. 1 - Abb. 6 u. 7)

Die zweite Versuchsreihe besteht aus 70 Versuchen mit zwei Versuchspersonen bei Raumtemperaturen zwischen 17 u. 24° C. Nach Messung der Hauttemperatur an Stirn und Fuß mit einem Thermofühler wurde die normale Perspiratio insensibilis gemessen. Diese Messungen wurden wiederholt, nachdem die Versuchspersonen 30 - 45 Minuten im Badeanzug ausgekühlt waren.

ad III. (Ergebnisse Abb. 8 u. 9)

Bei zwei weiblichen Versuchspersonen wurde über einen Menstruationszyklus die insensible Hautwasserabgabe täglich gemessen. Außerdem wurden Basaltemperatur, Hauttemperatur der Meßstelle, Blutdruck, Pulsfrequenz, Temperatur der Raum- und Außenluft sowie relative Feuchte der Raum- und Außenluft erfaßt.

ad IV. (Ergebnisse Abb. 10)

a) Um geschlechtsbedingte Unterschiede der Perspiratio insensibilis festzustellen, wurde in 28 Versuchen die insensible Hautwasserabgabe einer weiblichen und unter völlig gleichen Versuchsbedingungen unmittelbar darauf die einer männlichen Versuchsperson gemessen. Die Versuche wurden an drei weiblichen und drei männlichen Personen zwischen 21 und 24 Jahren durchgeführt. Hauttemperatur, Blutdruck und Puls wurden ebenfalls registriert.

b) Der letzte Versuch dient dazu, den Einfluß des vegetativen Nervensystems auf die insensible Hautwasserabgabe zu untersuchen. Durch Ausschalten aller störenden Einflüsse und bequeme Lagerung versuchten wir, einen tiefen Schlaf der Versuchsperson zu erreichen. Da wir bei unseren Versuchen aus naheliegenden Gründen auf eine pharmakologische Beeinflussung verzichten mußten, glückte uns der Versuch nur in einem Fall völlig (Abb. 11). Vor, während und nach dem Schlaf wurden Hauttemperatur und Perspiratio insensibilis gemessen.

D. Versuchsergebnisse

I. Auswertung der Versuchsergebnisse

Um die in Torr gemessene Wasserdampfdifferenz auf die in der Literatur übliche Größe $\text{g/m}^2 \cdot \text{h}$ umzurechnen, wurden folgende Rechnungen durchgeführt:

Aus der beim Versuch gemessenen Dampfdruckdifferenz und den nachstehenden Größen kann man die Wasserdampfmenge berechnen, die von einer bestimmten Hautfläche in einer bestimmten Zeit abgegeben wird.

Bekannt sind:

Dampfdruckdifferenz Δe (Torr)

Umrechnungskonstante von Dampfdruck in absolute

Feuchtigkeit $K_{(20^\circ \text{C})} = 0,985 (\text{g/m}^3 \cdot \text{Torr})$

(Innerhalb des bei den Versuchen vorkommenden Temperaturbereichs sind die Abweichungen der Konstanten K so gering, daß ohne merklichen Fehler der Wert bei 20°C benutzt werden kann.)

Luftvolumen, das über die Hautfläche streicht

$$V = q \cdot t \text{ (l)}$$

Luftstromgeschwindigkeit

$$q = V/t = 0,5 \text{ (l/min)}$$

$$\text{Größe der Hautfläche } F = 38 \text{ cm}^2$$

Es gilt:

$$\text{Für die absolute Feuchtigkeit } a = K_{(20^\circ \text{C})} \cdot \Delta e \text{ (g/m}^3\text{)}$$

$$\text{Für die Wassermenge im Luftvolumen } W = a \cdot V \cdot C_1 \text{ (g)}$$
$$C_1 = 10^3 \text{ (m}^3/\text{l)}$$

$$\text{Für die Wassermenge, die in einer bestimmten Zeit an das Luftvolumen abgegeben wird } W = a \cdot V/t \cdot C_1 \text{ (g/min)}$$

Für die Wassermenge, die in einer bestimmten Zeit von einer bestimmten Fläche an das Luftvolumen abgegeben wird:

$$\begin{aligned} W_{t,F} &= a \cdot V/t \cdot C_1 \cdot 1/F \text{ (g/min} \cdot \text{cm}^2\text{)} \\ &= \Delta e \cdot K_{(20^\circ \text{C})} \cdot V/t \cdot C_1 \cdot 1/F \\ &= \Delta e \cdot 0,985 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1/38 \text{ (g/min} \cdot \text{cm}^2\text{)} \\ &= \Delta e \cdot 0,01296 \cdot 10^{-3} \text{ (g/min} \cdot \text{cm}^2\text{)} \\ &= \Delta e \cdot 0,01296 \cdot 10^{-3} \cdot 10^4 \cdot 60 \text{ (g/m}^2 \cdot \text{h)} \\ W_{t,F} &= \Delta e \cdot 7,776 \text{ (g/m}^2 \cdot \text{h)} \end{aligned}$$

Innerhalb der Meßkammer ist auf der gemessenen Hautstelle ein Thermofühler (T) angebracht, der in jeder Phase des Versuchs die Temperatur der Haut mißt. Die Hauttemperatur wird zusammen mit der Hautwasserabgabe auf dem Linienschreiber registriert.

II. Besprechung der Versuchsergebnisse

Wie bereits im Abschnitt Methodik erwähnt, gliedern sich unsere Untersuchungen über die insensible Hautwasserabgabe des Menschen in mehrere Versuchsreihen.

1.) Der Einfluß der Hauttemperatur der Meßstelle auf die insensible Hautwasserabgabe

Zunächst versuchten wir, allein den Einfluß der Hauttemperatur der Meßstelle auf die Perspiratio insensibilis zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden die Messungen so durchgeführt, daß sich die Versuchspersonen thermisch indifferent fühlten. Die Luftfeuchtigkeit war bei allen Versuchen konstant. Die Meßstelle wurde, wie bereits auf Seite 9 beschrieben, durch Auflegen einer Eisblase abgekühlt. Während der Wiedererwärmung der Meßfläche wurde die Hautwasserabgabe gemessen. Nach Erreichen der anfänglichen Hauttemperatur wurde dann die Meßstelle mittels Heizkissen weitererwärmt, wobei gleichzeitig die Hautwasserabgabe registriert wurde. Außerdem wurde in jeder Phase des Versuchsablaufs die Hauttemperatur der Meßstelle durch einen in die Meßkammer eingebauten Thermofühler gemessen und mit der Hautwasserabgabe auf dem Linienschreiber aufgezeichnet.

Die in Abb. 2 dargestellten Meßergebnisse zeigen, daß die insensible Hautwasserabgabe in Form einer leicht gekrümmten Kurve mit der Hauttemperatur ansteigt. Während die Steigung der Kurven bei allen Versuchspersonen nahezu gleich ist, weist ihre mittlere Lage eine erstaunlich große Streubreite auf. Betrachtet man jedoch die einzelnen Kurven nach Versuchspersonen getrennt, so sieht man, daß die mittleren Lagen der Kurven, die zu einer Versuchsperson gehören, ziemlich eng zusammen liegen. Daraus könnte man schließen, daß die insensible Hautwasserabgabe zwar von Mensch zu Mensch erheblich schwankt, für jede Person jedoch eine weit geringere Streubreite besitzt. Errechnet man nun aus den Meßergebnissen je einer Versuchsperson die Mittelwerte, so erhält man, wie Abb. 3 (Seite 13) zeigt, Kurven, die in individuell verschiedenen Abständen annähernd parallel zu der in Abbildung 3 als dicke Linie eingezeichneten Sättigungsdruckkurve des Wassers liegen.

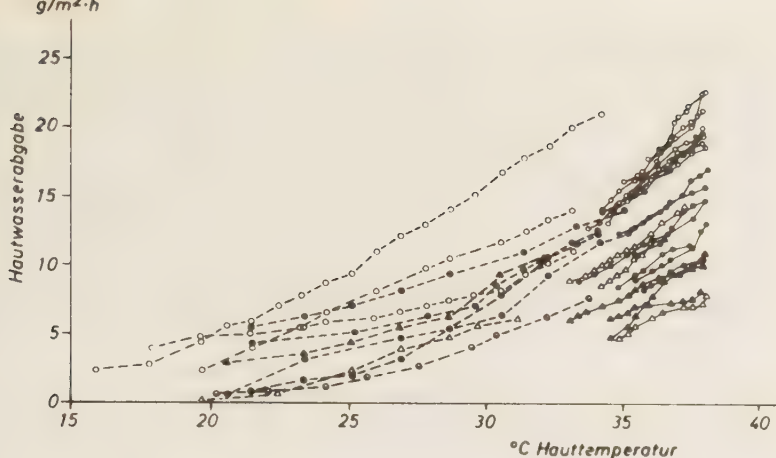


Abb. 2 Der Einfluß der Hauttemperatur der Meßstelle auf die Menge der insensiblen Hautwasserabgabe. ----- Der Anstieg der Hautwasserabgabe nach vorheriger Abkühlung der Meßstelle mit einer Eisblase. ————— Der Anstieg der Hautwasserabgabe während der Erwärmung der Meßstelle mit einem Heizkissen.

○ Versuchsperson I, ● Versuchsperson II,
 △ Versuchsperson III, ○ Versuchsperson IV,
 ▲ Versuchsperson V.

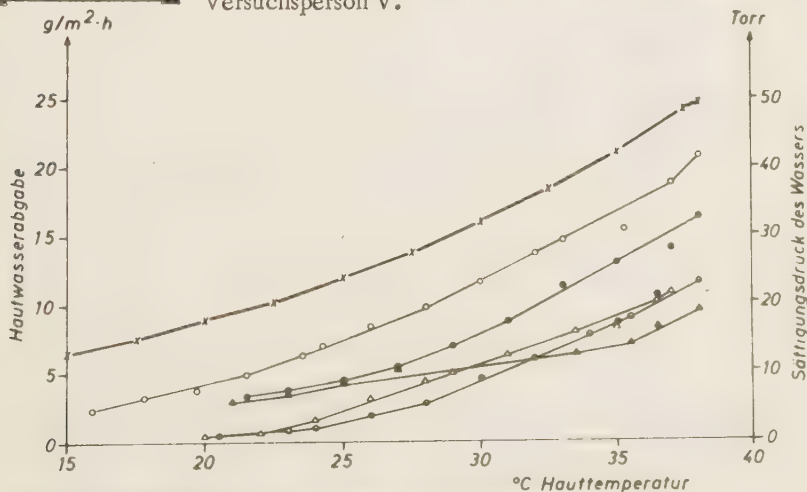


Abb. 3 Mittelwerte der Hautwasserabgabe der einzelnen Versuchspersonen in Abbildung 2. Die Zunahme der Hautwasserabgabe mit steigender Hauttemperatur im Vergleich zu der betont gezeichneten x—x—x Sättigungsdruckkurve des Wassers.

2.) Kontrollversuch

Wie bereits auf Seite 10 beschrieben, wurde bei den in Abb. 3 dargestellten Versuchen die Meßstelle mittels Heizkissen erwärmt. Um sicherzugehen, daß bei diesen Versuchen nur die insensible und nicht die sensible Hautwasserabgabe gemessen wurde, führten wir einen Kontrollversuch durch, bei dem eine Flasche Bier schnell getrunken wurde. Dabei kam es, in Übereinstimmung mit den Messungen von E. Heerd und K. Ohara (11), auch in unserem Versuch zu einem plötzlichen Schweißausbruch.

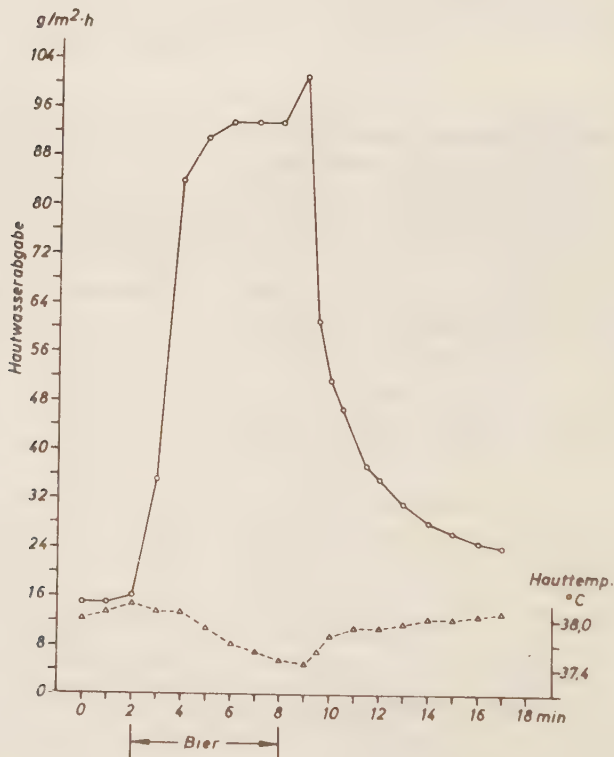


Abb. 4 Kontrollversuch. Darstellung eines Schweißausbruchs im Vergleich zum allmählichen Anstieg der insensiblen Hautwasserabgabe in den Abbildungen 2 und 3.

Dabei erhöhte sich die Menge der Hautwasserabgabe innerhalb von zwei Minuten um das Sechsfache. Gleichzeitig fiel die Temperatur der Haut um $0,6^{\circ}\text{C}$ ab.

3.) Der Einfluß der mittleren Hauttemperatur auf die insensible Hautwasserabgabe

In unserer ersten Versuchsreihe wurde die Messung der Hautwasserabgabe bei indifferenten Umgebungstemperaturen durchgeführt. Lediglich die Hauttemperatur der Meßstelle wurde verändert. In der zweiten Versuchsreihe ging es uns darum festzustellen, wie sich die Hautwasserabgabe verhält, wenn der ganze Körper Temperaturschwankungen ausgesetzt ist. Zu diesem Zweck wurde zuerst die normale Hautwasserabgabe registriert. Daran anschließend wurden die beiden Versuchspersonen im Badeanzug so lange den verhältnismäßigen kühlen Raumtemperaturen ausgesetzt, bis starkes Kältezittern auftrat (30 - 45 Minuten). Als objektiven Maßstab für die in dieser Zeit erfolgte Abkühlung des Organismus wurde die mittlere Hauttemperatur aufgezeichnet. Unter diesem, von Aschoff (2) übernommenen Begriff, versteht man den Mittelwert zwischen der Temperatur der Stirn und der des Fußes. Wie in Abbildung 5 zu sehen ist, ermöglicht die Messung der mittleren Hauttemperatur eine Kontrolle der thermoregulatorischen Situation des Körpers.

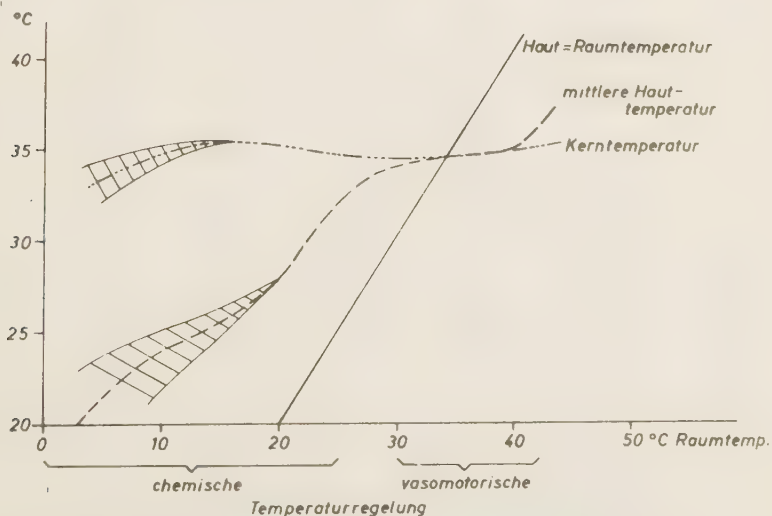


Abb. 5 Beziehung der mittleren Hauttemperatur zur Temperaturregellage des Körpers. (Abgeändert nach Landois-Rosemann)

Nach den Ergebnissen der ersten Versuchsreihe wäre zu erwarten, daß sich auch bei diesen Versuchen die insensible Hautwasserabgabe entsprechend der an der Meßstelle registrierten Hauttemperatur ändert. Dies ist jedoch, wie Tabelle 1 und Abb. 6 zeigen, keineswegs der Fall. In mehreren Ver-

Tabelle 1

Vers. Nr.	HWA vor	HWA nach	HT. vor	HT. nach	mittl. HT. vor	mittl. HT. nach
1	13,2	12,4	31,4	31,1	29,3	27,3
2	14,2	14,2	33,2	31,9	29,1	29,3
3	17,9	16,3	30,5	30,1	29,2	27,9
4	18,6	16,4	30,5	30,5	29,3	27,8
5	15,6	15,2	32,1	31,9	32,1	29,1
6	16,3	15,6	32,4	31,9	31,8	28,6
7	11,6	11,3	32,4	31,5	28,7	28,4
8	13,2	14,0	33,2	31,0	28,6	29,0
9	16,0	14,8	34,1	32,5	33,2	30,3
10	13,8	14,0	32,3	31,0	29,3	30,0
11	13,6	12,8	33,6	32,4	33,7	30,5
12	15,6	14,0	33,8	32,4	33,0	30,5
13	11,9	13,2	34,1	32,1	29,4	30,0
14	15,6	17,5	31,4	31,0	30,0	30,4
15	10,9	10,5	29,7	31,9	29,0	28,6
16	14,4	14,0	33,2	31,5	33,9	31,8
17	15,2	15,2	31,0	31,0	29,6	28,5
18	14,0	14,0	31,4	30,4	29,6	29,9
19	15,6	14,4	32,3	31,3	30,5	28,7
20	13,9	13,9	29,7	30,5	30,4	30,0
21	12,1	12,5	33,3	32,8	31,7	32,0
22	14,0	13,1	32,2	32,2	31,8	31,0
23	13,6	12,4	32,8	32,3	31,4	31,0
24	11,6	12,2	33,1	32,1	30,0	31,8
25	13,8	13,5	34,1	31,8	31,9	31,1

Tabelle 1. Insensible Hautwasserabgabe bei Änderung der Hauttemperatur der Meßstelle sowie der mittleren Hauttemperatur.

HWA vor: Hautwasserabgabe vor dem Abkühlen im Badeanzug.

HWA nach: Hautwasserabgabe nach dem Abkühlen.

HT: Hauttemperatur an der Meßstelle

Mittl. HT.: Mittlere Hauttemperatur

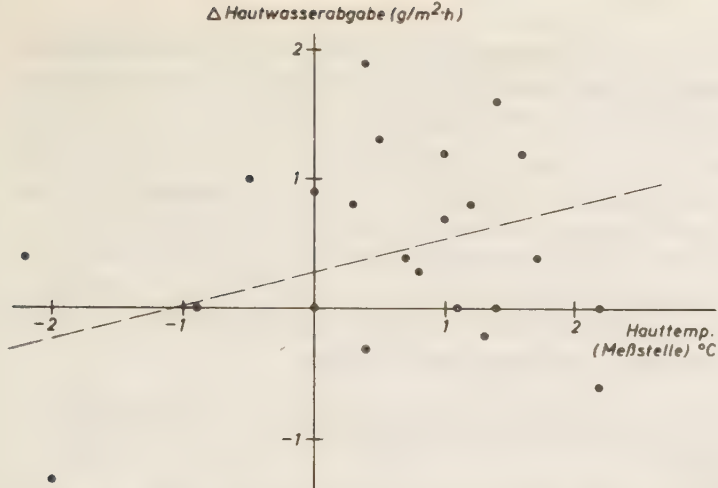


Abb. 6 Die Änderung der Hautwasserabgabe in Abhängigkeit zur Änderung der Hauttemperatur der Meßstelle bei Raumtemperaturen unterhalb des Indifferenzbereichs.

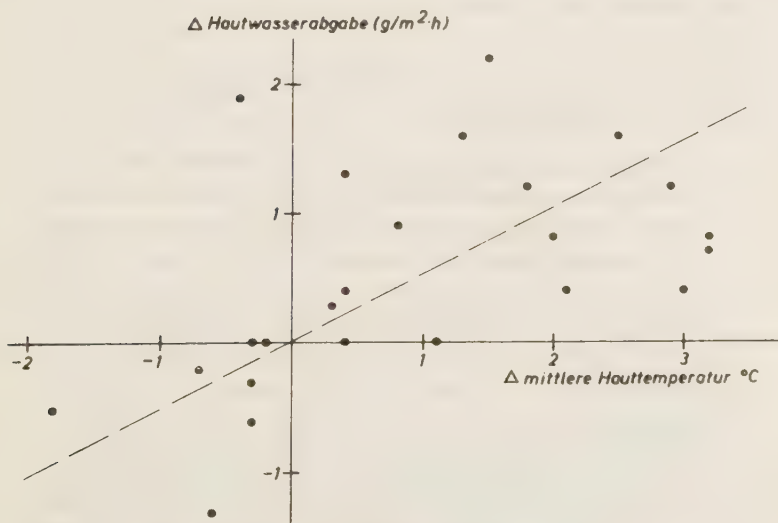


Abb. 7 Die Änderung der Hautwasserabgabe in Abhängigkeit zur Änderung der mittleren Hauttemperatur bei Raumtemperaturen unterhalb des Indifferenzbereichs.

suchen steigt sogar die Hautwasserabgabe trotz sinkender Hauttemperatur an. Ebenso wenig ist ein direkter Zusammenhang zwischen der Hautwasserabgabe und der mittleren Hauttemperatur zu finden.

Zeichnet man nun zur besseren Übersicht die Differenz zwischen der Hautwasserabgabe vor und nach dem Abkühlen sowie die Änderungen der Hauttemperatur der Meßstelle (Abb. 6) bzw. der mittleren Hauttemperatur in je ein Koordinatensystem, so zeigen die Regressionslinien zwischen Δ Hautwasserabgabe und Δ Hauttemperatur der Meßstelle nur einen sehr lockeren und zwischen Δ Hautwasserabgabe und Δ mittlerer Hauttemperatur nur einen wenig strafferen Zusammenhang.

4. Längsschnittmessungen der Hautwasserabgabe über den Zeitraum von einem Monat

Durch die in Abbildung 8 und 9 dargestellten Längsschnittmessungen, die wir im Verlauf eines Monats an zwei weiblichen Versuchspersonen durchführten, versuchten wir festzustellen, ob zwischen dem Menstruationszyklus und der Hautwasserabgabe sowie zwischen Pulsfrequenz, Blutdruck und der Hautwasserabgabe ein Zusammenhang besteht. Außerdem interessierte es uns zu erfahren, ob sich die Witterungsverhältnisse der Außenluft trotz Anpassung der Versuchspersonen an das Versuchsraumklima noch bemerkbar machen.

Soweit es bei der begrenzten Zahl von zwei Versuchspersonen möglich ist, sind folgende Ergebnisse abzuleiten:

a) Der Anstieg der Basaltemperatur in der zweiten Hälfte des Menstruationszyklus scheint die insensible Hautwasserabgabe nicht zu beeinflussen. Dagegen liegen die gemessenen Werte der Hautwasserabgabe bei beiden Versuchspersonen während der Menstruation auffallend niedrig. Bemerkenswert ist noch, daß die Hautwasserabgabe der zweiten Versuchsperson bei einer Grippe mit leicht erhöhten Rectaltemperaturen (Abb. 6, 12. - 15. März) deutlich anstieg.

b) Vergleicht man in der Abb. 8 die Längsschnittmessungen der Pulsfrequenz und des Blutdrucks mit der Hautwasserabgabe der beiden Versuchspersonen, so findet man keinen Anhalt für eine Beeinflussung der Hautwasserabgabe durch die oben genannten beiden Größen.

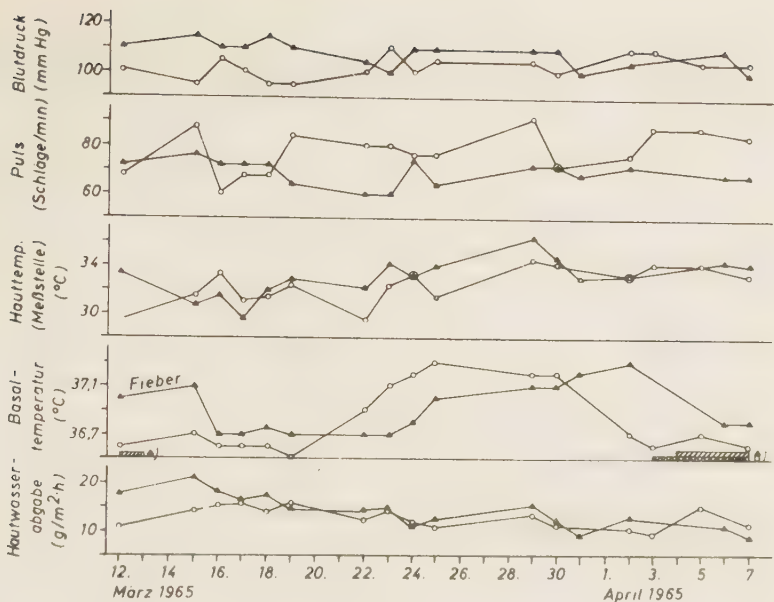
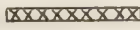


Abb. 8 Längsschnittmessungen der insensiblen Hautwasserabgabe zweier weiblicher Versuchspersonen über einen Menstruationszyklus. Zusammenhang zwischen Hautwasserabgabe, Basaltemperatur, Hauttemperatur, Pulsfrequenz und Blutdruck.

○ — ○ Versuchsperson I, ▲ — ▲ Versuchsperson II,  Menstruation Versuchsperson I,  Menstruation Versuchsperson II.

c) Ein Vergleich der von uns gemessenen Temperatur und Feuchtigkeit im Versuchsraum mit den entsprechenden Werten des Wetteramts München für das Außenklima (Abb. 9) zeigt, daß die für unsere Versuche besonders wichtige Luftfeuchtigkeit der Außenluft fast die gleichen Werte zeigt, wie die Luft im Versuchsraum. Zwischen der Außentemperatur und der Raumtemperatur bestehen der Jahreszeit gemäß große Differenzen. Es sieht jedoch nicht so aus, als würde die Hautwasserabgabe der Versuchspersonen dadurch irgendwie beeinflußt.

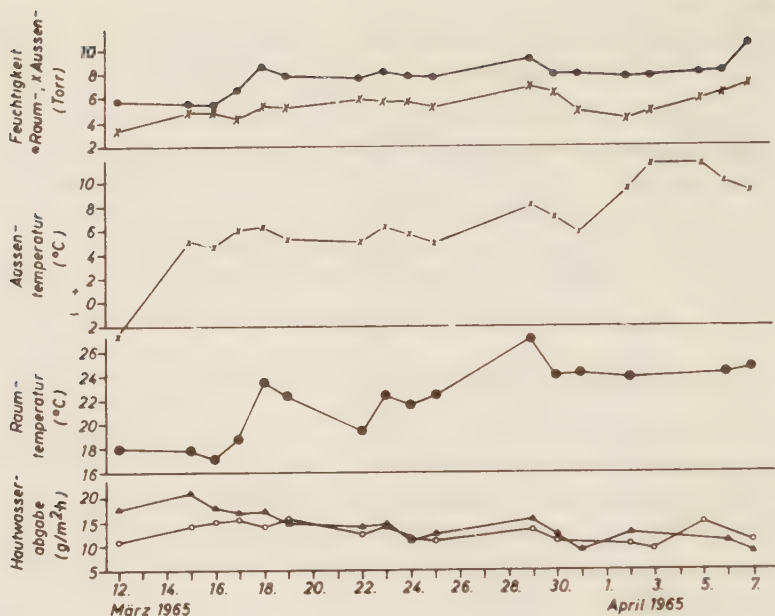


Abb. 9 Längsschnittmessungen der insensiblen Hautwasserabgabe zweier weiblicher Versuchspersonen über einen Menstruationszyklus. Zusammenhang zwischen Hautwasserabgabe, Raumtemperatur, Außentemperatur, Raumfeuchtigkeit und Außenfeuchtigkeit.

○ — — — — — ○ Versuchsperson I,
● — — — — — ● Versuchsperson II

5.) Unterschiede in der Hautwasserabgabe zwischen Männern und Frauen

In dieser Versuchsreihe wurde die insensible Hautwasserabgabe einer weiblichen und unmittelbar darauf die einer männlichen Versuchsperson gemessen. Je zwei zusammengehörige Versuche wurden unter völlig gleichen Versuchsbedingungen durchgeführt. Dabei lag, wie Abbildung 10 zeigt, in Doppelversuchen die Hautwasserabgabe der Männer wesentlich unter der der Frauen. Dies ist umso erstaunlicher, als bei der Hälfte der Messungen die Hauttemperatur der Männer wesentlich über der der Frauen liegt. Die ebenfalls kontrollierten Blutdruckwerte und die Pulsfrequenz der männlichen Versuchspersonen lagen ebenfalls zum größten Teil über den Werten

der weiblichen Versuchspersonen. Da sie jedoch, wie bereits oben erwähnt, keinen Einfluß auf die Hautwasserabgabe haben, wurden sie wegen der besseren Übersichtlichkeit der Zeichnung nicht in die Abbildung aufgenommen.

Tabelle 2

Versuchs-Nr.	Hautwasserabgabe	Hautwasserabgabe
	Frauen	Männer
1	14,8	11,3
2	16,3	9,3
3	14,0	9,3
4	15,2	10,9
5	14,0	8,5
6	10,1	8,6
7	13,2	4,7
8	14,0	8,6
9	12,8	7,8
10	16,3	7,8
11	10,9	6,6
12	10,9	7,8
13	8,9	7,8
14	6,2	4,6
Mittelwert		Mittelwert
Frauen:	$\frac{177,6}{14,0} = 12,6$	Männer: $\frac{113,6}{14,0} = 8,1$

Errechnet man nun die Mittelwerte aus den in Abbildung 10 (Seite 22) dargestellten Versuchen, so liegt, wie Tabelle 2 zeigt, die durchschnittliche Hautwasserabgabe der Frauen bei $12,6 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$, die der Männer bei $8,1 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$.

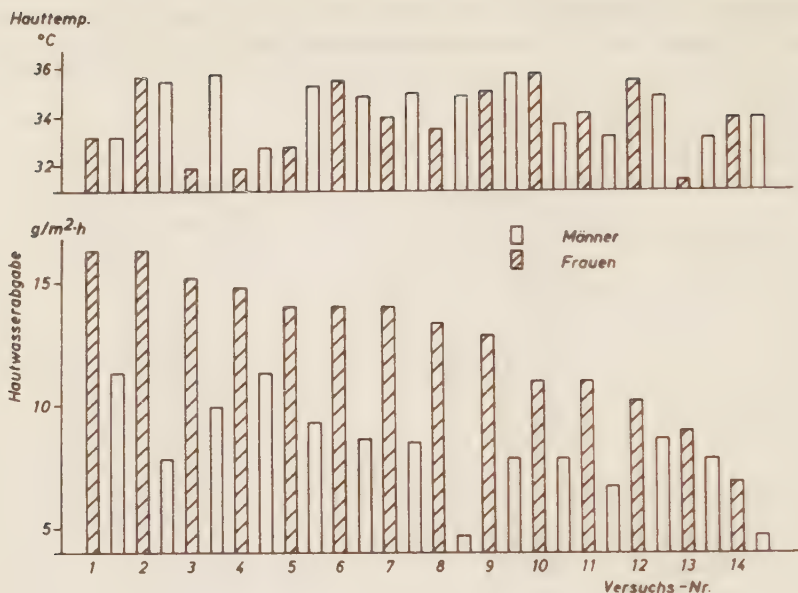


Abb. 10 Vergleich zwischen der Hautwasserabgabe von Männern und von Frauen. Jeder Doppelversuch wurde unter völlig gleichen Versuchsbedingungen durchgeführt.

6.) Der Einfluß des vegetativen Nervensystems auf die insensible Hautwasserabgabe

Da es äußerst schwierig ist, die Tätigkeit des vegetativen Nervensystems im Wachzustand objektiv zu kontrollieren, es andererseits aber eine bekannte Tatsache ist, daß im Schlaf der Parasympathicus dominiert, versuchten wir, die insensible Hautwasserabgabe im Schlaf zu messen.

Abbildung 11 zeigt, daß die Hautwasserabgabe im Schlaf deutlich erhöht ist.

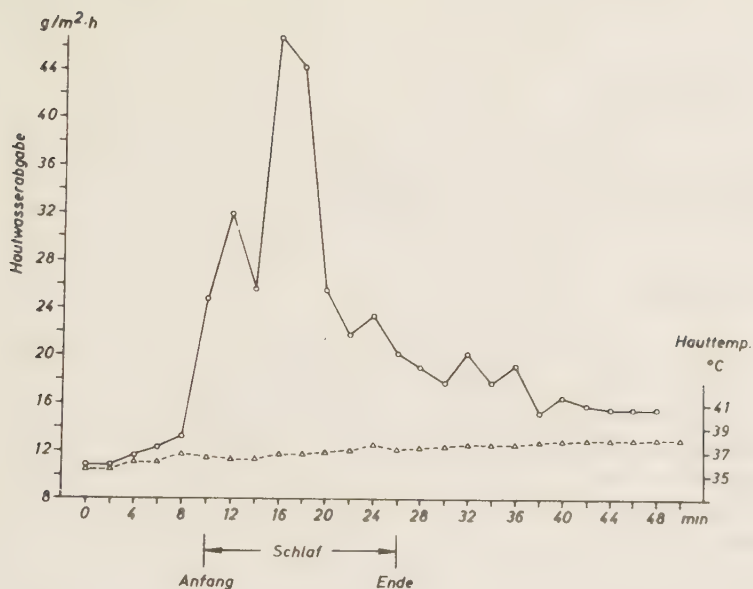


Abb. 11 Der Einfluß des vegetativen Nervensystems, speziell des Parasympathicus, durch Messung der Hautwasserabgabe während eines kurzen Schlafs.

E. Diskussion der Ergebnisse

1.) Problemstellung

Aufgabe dieser Arbeit sollte es sein festzustellen, in welchem Maß die insensible Hautwasserabgabe von der Hauttemperatur der Meßstelle und von einigen anderen Faktoren beeinflusst wird.

2.) Diskussion

In der I. Versuchsreihe wurde zunächst versucht, den alleinigen Einfluß der Hauttemperatur der Meßstelle bei Konstanthaltung aller übrigen Faktoren zu untersuchen. Trägt man die Ergebnisse dieser Untersuchungen in ein Koordinatensystem ein, so erhält man Kurven, die in verschiedenen Abständen parallel zur Sättigungsdruckkurve des Wassers liegen. Für die insensible Hautwasserabgabe unter diesen Bedingungen müssen also die gleichen Kräfte gültig sein, wie für die Verdunstung von Wasserdampf über einer Wasserfläche:

Temperatur und relative Feuchte der Umgebungsluft. Da in unseren Versuchen die Luftfeuchtigkeit konstant war, muß die Temperaturänderung der Meßstelle durch ihren Einfluß auf den Wasserdampfdruck der Haut für den Anstieg der Hautwasserabgabe verantwortlich sein. Dies würde also bedeuten, daß sich die Perspiratio insensibilis bei indifferenter Umgebungstemperatur wie ein physikalisch gesteuerter Diffusionsvorgang verhält. Ein Ergebnis, das von Lütcke, Kaufmann und Klusmann (16) durch Versuche an Hunden und von Zöllner, Thauer und Kaufmann (28) durch Versuche an Menschen auch mit anderen Meßmethoden bestätigt wurde.

Ändert man nun die Versuchsbedingungen, indem man die Versuchspersonen Raumtemperaturen unterhalb des Indifferenzbereichs aussetzt, so erhält man nicht mehr den oben beschriebenen Zusammenhang zwischen der Hautwasserabgabe und der Hauttemperatur der Meßstelle. Ganz im Gegenteil erhält man in Tabelle 1 den Eindruck, daß sich die Hautwasserabgabe ziemlich willkürlich zu der gemessenen Hauttemperatur verhält. Auch die Regressionslinie in Abb. 6 zeigt, daß zwischen Hautwasserabgabe und Hauttemperatur in diesen Versuchen nur ein sehr lockerer Zusammenhang besteht. Da alle Faktoren außer der Raumtemperatur in diesen Versuchen konstant waren, müssen wir die durch die Auskühlung im Badeanzug bedingten Änderungen der Temperaturregellage des Körpers für das Verhalten der Hautwasserabgabe verantwortlich machen. Tatsäch-

lich zeigt sich auch in Abbildung 7 zwischen Δ Hautwasserabgabe und Δ mittlerer Hauttemperatur ein etwas strafferer Zusammenhang als zwischen Δ Hautwasserabgabe und Δ Hauttemperatur der Meßstelle in Abbildung 6. Das aber besagt, daß die Temperaturregellage tatsächlich in irgendeiner Weise auf die Hautwasserabgabe einwirkt. Sie könnte dies auf zwei verschiedene Arten tun; Einmal, weil die Durchblutung der Haut, wie schon Aschoff (2) beschrieb, nicht so sehr von der Hauttemperatur, als von der Temperaturregellage des Körpers beeinflußt wird. Zum anderen wird von mehreren Autoren die Rectaltemperatur, als die Leitgröße der Temperaturregellage, für die Änderung der Hautwasserabgabe verantwortlich gemacht. Für die Art und Weise, in der die Rectaltemperatur auf die Hautwasserabgabe einwirkt, lassen sich mehrere Theorien diskutieren.

So führen Lütcke, Klussmann und Kaufmann (16) die Änderungen der Perspiratio insensibilis auf eine durch die Rectaltemperatur bedingte Änderung des Diffusionswiderstandes der Haut für Wasserdampf zurück. Im Gegensatz dazu vertreten E. Heerd und K. Ohara (11) die Ansicht, daß die Schweißdrüsen infolge ihrer Abhängigkeit von der Rectaltemperatur nicht nur an der sensiblen, sondern auch an der insensiblen Hautwasserabgabe beteiligt wären. In diesem Fall würden die mutmaßlichen Änderungen des Diffusionswiderstandes der Haut bei Kaufmann, Zöllner und Thauer (13, 22, 23) durch Änderungen einer makroskopisch unmerklichen "Ruhe-sekretion" der Schweißdrüsen entstehen.

Für eine Beteiligung der Schweißdrüsen an der insensiblen Hautwasserabgabe sprechen z. B. die Untersuchungen von Buettner (4) an schweißdrüsenlosen Menschen. Auch die an unserem Institut von Angele (1) durchgeführten Messungen zeigten, daß nach Unterdrückung der Schweißdrüsen durch Agaricin die Hautwasserabgabe deutlich vermindert war. Außerdem konnte Angele feststellen, daß die Hautwasserabgabe an Körperstellen, die eine große Schweißdrüsendichte besitzen, höher war, als an schweißdrüsenarmen Stellen.

Auf Grund dieser Untersuchungen und unserer Ergebnisse müssen auch wir mehr zu der Annahme von Heerd und Ohara (11) neigen, eine Annahme, die durch unsere folgenden Versuche noch weiter bestätigt wird. Da die Sekretion der Schweißdrüsen weitgehend von nervösen und humoralen Faktoren abhängt, müßte dies auch für die Hautwasserabgabe gelten. In der Tat fanden wir bei unseren weiteren Messungen diese Annahme weitgehend bestätigt. So stieg die Menge der Perspiratio insensibilis während des Schlafes, als einem Zustand, in dem der Parasympathicus dominiert, um das Vierfache an (Abb. 1). Zu ähnlichen Ergebnissen kam Jores (12). Er glaubte jedoch, diesen Befund auf die durch die Bettwärme erhöhte Hauttempe-

ratur zurückführen zu müssen. Eine Erklärung, die wir für unsere Versuche nicht anerkennen können, da die Schlaf- und Wachversuche unter völlig gleichen Bedingungen durchgeführt wurden.

Eine Untersuchung an zwei weiblichen Versuchspersonen über einen Monat (Abb. 8 und 9) läßt darauf schließen, daß die Hautwasserabgabe in der zweiten Zyklushälfte nicht mit der Basaltemperatur ansteigt. Während der Menstruation ist die insensible Hautwasserabgabe bei beiden Versuchspersonen deutlich erniedrigt. Die geringe Zahl der Versuchspersonen reicht jedoch nicht aus, um aus dieser Tatsache feste Schlüsse zu ziehen.

Für eine humorale Beeinflussung der Hautwasserabgabe könnte jedoch die Abbildung 10 sprechen: Im Gegensatz zu Rothman (20) lag in unseren Versuchen die insensible Hautwasserabgabe der weiblichen - wesentlich über der der männlichen Versuchspersonen, obwohl in der Hälfte der Versuche die Hauttemperatur bei den Männern höher lag. Nur eine unserer weiblichen Versuchspersonen erreichte die für eine Frau sehr niedrigen Werte von $8,9 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$ und $6,2 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$. Sie lag aber immer noch über den am gleichen Tag gemessenen Werten der männlichen Vergleichsperson. Als Erklärung für die niedrigere Hautwasserabgabe der Männer wäre allerdings auch die Hautbeschaffenheit, insbesondere die von Buettner (4) diskutierte Diffusionsbarriere für Wasserdampf zu erwähnen. Wenn nämlich, entsprechend der stärkeren Dicke der männlichen Haut, auch das Stratum corneum conjunctum als vermutlicher Ort der Barriere bei Männern verdickt wäre, müßte wenigstens eine auf Diffusion beruhende Abgabe von Wasserdampf durch die Haut durch eine dickere Barriere stark beeinträchtigt werden.

Vergleicht man nun die eben diskutierten Versuche mit der anfangs geschilderten rein physikalisch erklärbaren Zunahme der Hautwasserabgabe mit steigender Hauttemperatur in der Abbildung 3, so darf man das vielleicht so erklären, daß sich die Hautwasserabgabe aus zwei verschiedenen Anteilen zusammensetzt. Aus einem rein auf Diffusion beruhenden Anteil, der durch die Wasserdampfdruckdifferenz zwischen Haut- und Umgebungsluft geregelt wird und aus einem weiteren sekretorischen Anteil der Schweißdrüsen, der von der Temperaturregellage sowie von humoralen und nervösen Faktoren gesteuert wird.

F. Zusammenfassung

- 1.) In 35 Versuchen stellten wir fest, daß sich die Änderung der insensiblen Hautwasserabgabe als Funktion der Hauttemperatur an der Meßstelle bei indifferenter Raumtemperatur wie ein physikalisch gesteuerter Diffusionsvorgang verhält.
- 2.) In 50 weiteren Versuchen in Normal-Kleidung und Badeanzug an zwei Versuchspersonen wurde die insensible Hautwasserabgabe bei Raumtemperaturen unterhalb des Indifferenzbereichs ($17 - 24^{\circ}\text{C}$) quantitativ erfaßt. Dabei wurde festgestellt, daß die Temperaturregellage des Organismus neben der Hauttemperatur die insensible Hautwasserabgabe beeinflusst.
- 3.) Messungen der Perspiratio insensibilis an zwei gesunden weiblichen Versuchspersonen über einen Monat führten zu dem Ergebnis, daß wenigstens bei diesen beiden Versuchspersonen die insensible Hautwasserabgabe während der Menstruation deutlich erniedrigt war.
- 4.) Bei vergleichenden Messungen an vier weiblichen und vier männlichen Versuchspersonen unter völlig gleichen Versuchsbedingungen fanden wir, daß die Perspiratio insensibilis der Frauen wesentlich höher, als diejenige der Männer lag.
- 5.) Als Ursache der niedrigen Hautwasserabgabe der Männer wurden 2 Möglichkeiten diskutiert: Entweder eine humorale Beeinflussung der "Ruhesekretion" der Schweißdrüsen oder eine Behinderung der Diffusion von Wasserdampf infolge einer dickeren Diffusionsbarriere der männlichen Haut.
- 6.) Im Schlaf ist die insensible Hautwasserabgabe bis zu viermal so hoch wie im Wachzustand.
- 7.) Die starke Erhöhung der insensiblen Hautwasserabgabe im Schlaf ist wahrscheinlich durch ein Einfluß des Parasympathicus auf die "Ruhesekretion" der Schweißdrüsen bedingt.
- 8.) Auf Grund dieser Untersuchungen kamen wir zu der Annahme, daß sich die insensible Hautwasserabgabe aus zwei verschiedenen Anteilen zusammensetzt. Aus einem rein auf Diffusion beruhenden Anteil, der durch die Wasserdampfdruckdifferenz zwischen Haut- und Umgebungsluft geregelt wird und aus einem weiteren sekretorischen Anteil der Schweißdrüsen, der von der thermoregulatorischen Situation des Körpers sowie von humoralen und nervösen Faktoren gesteuert wird.

Herrn Dipl. -Phys. K. Dirnagl und Herrn Doz.
Dr. H. Drexel möchte ich an dieser Stelle für die
Überlassung des Themas, ihre freundliche Unter-
stützung während der Experimente und die wert-
vollen Anregungen und Hinweise herzlich danken.

G. Literaturverzeichnis

- X (1) Angele, Kurt: Topographische Messung zur insensiblen Hautwasserabgabe und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Einflüssen. Dissertationsarbeit aus dem Balneologischen Institut München 1966
- (2) Aschoff: Der Wärmehaushalt in: Landois-Rosemann, Band I, 335 - 347 (1960)
- (3) Beronson, G. S. and G. E. Burch: Studies of Diffusion of Water through dead human Skin. The American Journal of Tropical Medicine 31, 843 (1951)
- (4) Buettner, K.: On the Transfer Function of Human Skin. University of Washington, Department of Meteorology and Climatology, Seattle 5, Washington, Annual Report 1960
- X (5) Bundesmann, Frank: Messung verschiedener Einflüsse auf die Hautwasserabgabe mit Hilfe der Infrarot-Strahlen-Absorption. Dissertationsarbeit aus dem Balneologischen Institut München 1966
- (6) Documenta Geigy, Wissenschaftliche Tabellen 6, Basel 1960, 259 - 260
- (7) Fa. Hartmann & Braun: Beschreibung des Uras (Infrarot-Absorptionsschreiber)
- X (8) Fricke, Wolfgang: Methodische Beiträge zur fortlaufenden Messung der Perspiratio insensibilis kleiner Hautareale. Dissertationsarbeit aus dem Balneologischen Institut München 1966
- (9) Gottron, H. A. u. W. Schönfeld: Dermatologie und Venerologie, Band I, Teil I, 134, 135, 149, 173-179, 222-225
- (10) Heerd, Ewald u. K. Ohara: Untersuchungen über die Wasserdampfabgabe kleiner Hautflächen des Menschen. Pflüg. Arch. ges. Physiol. 276, 32 - 41 (1962)
- (11) Heerd, E., F. W. Behmann u. H. J. Heinrichs: Pflüg. Arch. 266, 52 (1957)

Die mit X gekennzeichneten Arbeiten stammen aus dem Balneologischen Institut der Universität München.

- (12) Jores, A.: Perspiratio insensibilis. Zeitschr. f. d. ges. Med. 71: 170 - 185 (1930)
- (13) Kaufmann, W., R. Thauer u. G. Zöllner: Der insensible Gewichtsverlust als Funktion der Umweltbedingungen. Der Wasserdampfdruck der Hautoberfläche und die Wasserdurchgangszahl der Haut in Abhängigkeit von Temperatur und Wasserdampfdruck der umgebenden Luft im thermoindifferenten Bereich. Pflüg. Arch. ges. Physiol. 261, 189 - 198 (1955)
- (14) Kuno, Y.: The Physiology of Human Perspiration. London: J. a. A. Churchill, Ltd. 1934
- (15) Loewy, A. u. W. Wechselmann: Zur Physiologie und Pathologie des Wasserwechsels und der Wärmeregulation seitens des Hautorgans. Arch. path. Anat. 206, 79 (1911)
- (16) Lütcke, A., F.W. Klusmann u. W. Kaufmann: Der insensible Gewichtsverlust als Funktion der Umweltbedingungen. Die Hautwasserabgabe des Hundes im Indifferenzbereich. Pflüg. Arch. ges. Physiol. 265, 575 - 596 (1958)
- (17) Mali, J.W.M.: The Transport of Water through the Epidermis. J. Invest. Derm. 27, 451 - 460 (1956)
- (18) Marchionini, A. u. Spier, H.W.: Orthologie und Pathologie der Ausscheidung der Haut. Handbuch der allg. Pathologie, V. Teil II, 527 - 548
- (19) Moog, O.: Der Einfluß der Temperatur auf die unmerkliche Hautwasserabgabe. Zeitschr. f. ges. exp. Med. 31: 316 - 324 (1923)
- (20) Rothman, St.: Physiology and Biochemistry of the skin. (1961) 233 - 241
- (21) Schölmerich, P. u. G. Hildebrandt: Über Mechanismus u. Regulation der Hautwasserabgabe. Zeitschr. f. d. ges. experiment. Med. Bd. 117 (1951) 5, 17
- (22) Thauer, R., G. Zöllner u. W. Kaufmann: Der insensible Gewichtsverlust als Funktion der Umweltbedingungen. Der Anteil von Atmung und Haut an der Gesamtperspiration. Pflüg. Arch. ges. Physiol. 260, 1 - 23 (1954)

- (23) Thauer, R., G. Zöllner u. W. Kaufmann: Der insensible Gewichtsverlust als Funktion der Umweltbedingungen. Seine Abhängigkeit von dem Wasserdampfdruck der Luft im indifferenten Temperaturbereich. Pflüg. Arch. ges. Physiol. 258, 58 - 71 (1953)
- (24) Webb, P., L.N. Garlington and M.J. Schwarz: Insensible weight loss at high skin temperatures. J. appl. Physiol. 11, 41 - 44 (1957)
- (25) Whitehouse, A.G.R. and H. Ramage: The permeability of human skin to electrolytes. Proc. Roy. Soc. London 113: 42 - 48 (1953)
- (26) Wright, Harry M.: Measurement of the cutaneous circulation. J. Appl. Physiol. 20 (4): 696 - 702, 1965
- (27) Wyndham, C.H.: Role of skin of core temperature regulation. J. Appl. Physiol. 20 (I): 31 - 36 (1965)
- (28) Zöllner, G., R. Thauer u. W. Kaufmann: Pflüg. Arch. 260, 261 (1955)

H. Lebenslauf

Am 30. September 1940 wurde ich in Trier als Tochter des Möbelfabrikanten Reinhold Weiler und seiner Ehefrau Maria, geb. Flasche, geboren und römisch-katholisch getauft.

Im Herbst 1946 trat ich in die Volksschule Braunshausen/Saar ein. Ab Herbst 1951 besuchte ich das Realgymnasium Merzig/Saar, das ich Ostern 1960 nach bestandener Reifeprüfung verließ.

Im Sommersemester 1960 studierte ich in München Philologie. Im Wintersemester des gleichen Jahres begann ich in Erlangen mit dem Studium der Medizin und legte dort, nach einem Zwischensemester in Heidelberg, im Oktober 1963 die ärztliche Vorprüfung ab.

Nach je einem klinischen Semester in Freiburg/Brsg. und Wien kehrte ich im Wintersemester 1964/65 an die Ludwig-Maximilians-Universität München zurück, wo ich im Juli 1967 das Staatsexamen bestand.

